

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-106879

(43)公開日 平成9年(1997)4月22日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 T 13/20

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 T 13/20

技術表示箇所

B

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-263301

(22)出願日 平成7年(1995)10月11日

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 阿部 信男

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電

装株式会社内

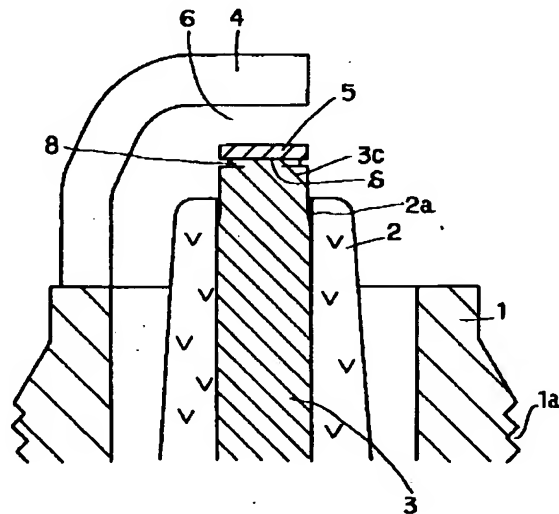
(74)代理人 弁理士 伊藤 洋二

(54)【発明の名称】 内燃機関用スパークプラグ

(57)【要約】

【課題】 電極を異常発熱させることなく、かつ溶接部に巣が入らないように、大径の貴金属チップを電極の所定位置に溶接することを目的とする。

【解決手段】 溶接前において中心電極3および貴金属チップ5よりも断面積の小さい突出部8を中心電極3の先端3cに一体に形成して抵抗溶接を行うと、断面積の小さい(熱のこもりやすい)突出部8は軟化し、断面積の大きい(熱のこもりにくい)中心電極3の外周縁部および融点の高い貴金属チップ5は軟化しないため、圧力Pにより、軟化した突出部8は中心電極3の外周縁部および貴金属チップ5の間で押し広げられる。こうすることにより、中心電極3と貴金属チップ5の溶接が行われる。



3: 中心電極  
3c: 中心電極の先端  
4: 側地電極  
5: 貴金属チップ  
8: 突出部

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心電極(3)および接地電極(4)の少なくとも一方の電極(3)に、貴金属チップ(5)が抵抗溶接により溶接される内燃機関用スパークプラグにおいて、

前記電極(3)の貴金属チップ(5)側の先端(3c)に、溶接前において前記電極(3)および前記貴金属チップ(5)よりも断面積の小さい部分(8)が備えられ、

前記部分(8)を軟化させて前記電極(3)と前記貴金属チップ(5)とを溶接することを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項2】 中心電極(3)および接地電極(4)の少なくとも一方の電極(3)に、貴金属チップ(5)が抵抗溶接により溶接される内燃機関用スパークプラグにおいて、

前記貴金属チップ(5)の前記電極(3)側の表面に、溶接前において前記電極(3)と前記貴金属チップ

(5)よりも断面積の小さい部分(8)が備えられ、前記部分(8)および溶接前において前記部分(8)に対応する位置にある前記電極(3)を軟化させて前記電極(3)と前記貴金属チップ(5)とを溶接することを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項3】 中心電極(3)および接地電極(4)の少なくとも一方の電極(3)に、貴金属チップ(5)が抵抗溶接により溶接される内燃機関用スパークプラグにおいて、

前記電極(3)と前記貴金属チップ(5)との間には、溶接前において前記電極(3)および前記貴金属チップ(5)よりも断面積の小さい部分(8')が、前記貴金属チップ(5)および前記電極(3)とは別体に備えられ、

前記部分(8')と前記電極(3)を溶接した後、前記部分(8')を軟化させて前記電極(3)と前記貴金属チップ(5)とを溶接することを特徴とする内燃機関用スパークプラグ。

【請求項4】 前記部分(8')は、前記貴金属チップ(5)と前記電極(3)との中間の線膨張係数を有する材料からなることを特徴とする請求項3に記載の内燃機関用スパークプラグ。

【請求項5】 前記軟化した部分(8、3d、8')の溶接後の断面積( $S_1$ )が前記貴金属チップ(5)の断面積( $S_0$ )の半分より大きいことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の内燃機関用スパークプラグ。

【請求項6】 前記貴金属チップ(5)は、Pt、Ir、Pt-Ir、Pt-Ir-Ni、Ir-Rhのうちいずれか1つの貴金属材料からなり、前記電極(3)は、Fe、Crを含むNi基の耐熱合金材料からなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1つに記載

2

の内燃機関用スパークプラグ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 ガスヒートポンプやコージェネレーション用エンジン等に使用されるような、長寿命の大径貴金属チップを用いた内燃機関用スパークプラグに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、特開平57-192990号公報には、図8に示すように、Ni-Cu等からなる中心電極3の先端にPtからなる貴金属チップ5'が抵抗溶接により固定されている内燃機関用スパークプラグが記載されている。ここで用いられる貴金属チップ5'は、直径0.7mm、厚さ0.3mmの小径な円板からなる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 この貴金属チップ5'は、その表面が火花放電により局部的に高温となって揮発したり、火花放電により正イオンが貴金属チップ5'表面に衝突して金属原子が飛び出したり、高温および燃焼ガスという腐食ガス中にて高温腐食酸化されたりして消耗される。

【0004】 そして、火花放電は、接地電極4と貴金属チップ5'において、火花放電ギャップ6の距離が最短となる部分で起こり、この部分が上述のように消耗されると、別の上記距離が最短となる部分で起こる。このようにして、貴金属チップ5'の表面全面にわたって少しずつ消耗していく。そして、消耗が繰り返されて、上記距離が最短となる部分の距離が所定量以上離れると、火花放電がなされなくなり、スパークプラグとして使用不可能となる。よって、スパークプラグの寿命は、貴金属チップ5'の径に比例して長くなり、車両等の寿命にあわせて貴金属チップ5'の径は決められている。

【0005】 ところが、近年、ガスヒートポンプやコージェネレーション用エンジン等に使用されるスパークプラグは、従来の自動車等に比べて長期間にわたって用いられるため、従来のような小径な貴金属チップ5'では寿命が充分ではなくなってきた。よって、従来のスパークプラグよりも寿命を長くするため、図9(a)に示すような、従来よりも径の大きい貴金属チップ5を用いたスパークプラグが必要となってきた。

【0006】 ここで、図9(a)、(b)に基づいて、本発明者が大径の貴金属チップ5を抵抗溶接にて接合する試作を行った結果を以下に述べる。まず、図9(a)に示すように、中心電極3と抵抗溶接機の溶接電極7により貴金属チップ5をはさんだ状態にして、中心電極3(直径2.7mm)と大径の貴金属チップ5(直径2.6mm、厚さ0.4mm)の抵抗溶接を行った。この抵抗溶接は、圧力 $P=35\text{kg/cm}^2$ 、投入電流 $I=2000\text{A}$ で、交流電源を用いて交流波形の10サイクル分の時間で行っている。その結果、図9(b)のように

3

中心電極3が軸方向に長さaだけ座屈してしまい、中心電極3にバリ3bが生じてしまった。

【0007】この中心電極3の座屈、バリ3bの発生原因について本発明者が検討したところ、以下のような理由であると考えられる。溶接前において、中心電極3と貴金属チップ5を当接させた状態では、中心電極3と貴金属チップ5は巨視的には平滑に密着しているようにみえるが、微視的にみると、中心電極3と貴金属チップ5の表面（特に中心電極3の表面）には凹凸があるため、中心電極3と貴金属チップ5の接触部分sには微小な隙間が存在している。よって、抵抗溶接初期時（具体的には、交流波形の最初の数サイクル分の時間）には、この接触部分sの抵抗が非常に大きく、この接触部分sが最も発熱する。

【0008】すると、この接触部分s近傍のより融点の低い中心電極3は軟化するが、融点の高い貴金属チップ5は軟化することではなく、圧力Pによって中心電極3の軟化部の中に押し込まれて入っていき、上記軟化部は貴金属チップ5に密着しながら貴金属チップ5の外周部に排除されていく。よって、上記溶接前の凹凸は平滑となるため上記微小隙間は完全になくなり、同時に、接触部分sに存在する異物も外部へ押し出される。こうすることにより、中心電極3と貴金属チップ5の溶接部Sが形成される。

【0009】そして、この溶接部Sの抵抗は抵抗溶接初期時に比べて非常に小さくなり、溶接部Sの発熱量が初期時に比べて非常に小さくなるため、中心電極3の軟化は抵抗溶接初期時以上は進まない。つまり、抵抗溶接では、抵抗溶接初期時における接触部分sの発熱量により中心電極3の軟化量が決まる。そして、この軟化量によって、上記初期の凹凸を平滑にして上記微小隙間を埋めることができるかどうかが決まり、ひいては貴金属チップ5と中心電極3の抵抗溶接の接合強度が決まる。

【0010】よって、貴金属チップ5の径の大小、つまり接触部分sの断面積の大小にかかわらず、接触部分sの断面積の単位面積当たりの発熱量を、上記微小隙間をうめる程度の発熱量とする必要がある。よって、より径の大きい貴金属チップ5を溶接する場合、接触部分sの断面積が大きくなるため、接触部分sに発生させるべき全発熱量が大きくなる。そして、発熱量は投入電力 $W$  ( $W = I^2 \times R$ 、 $R$ : 抵抗) に比例するので、投入電流 $I$ を接触部分sの断面積に比例して大きくする必要がある。

【0011】そして、大径の貴金属チップ5を中心電極3に溶接するに当たって、上記初期の凹凸を平滑にできる程度の発熱量を発生するような大きな投入電流 $I$ （2000A程度）とすると、貴金属チップ5に比べてより抵抗の大きい中心電極3自身の持つ抵抗により、中心電極3自身が異常発熱して非常に高温（1000℃程度）となるため、中心電極3自身が部分的に軟化してしまう恐れがある。さらに、接触部分sには上述のように大

4

な熱が発生するため、接触部分s近傍の中心電極3は全面が大量に軟化してしまう。

【0012】すると、圧力Pにより貴金属チップ5が中心電極3に押し込まれて貴金属チップ5が全て中心電極3に埋没しても、さらに、溶接電極7により中心電極3と貴金属チップ5が押し潰される。このようにして、図9(b)に示すように、中心電極3が軸方向に長さaだけ座屈してしまい、中心電極3の外周部にバリ3bが発生してしまう。

【0013】そして、中心電極3を大量生産する際、各々の中心電極3には製造誤差等により寸法に微妙なばらつきがあるため、抵抗溶接の際の各々の中心電極3の先端部の熱分布は異なっている。すると、上記座屈する長さaが各々の中心電極3で異なるため、各々の貴金属チップ5を所定の軸方向位置に配置することが困難となる。

【0014】そして、上記座屈する長さaが各々の中心電極3で異なると、内燃機関用スパークプラグを組付けた際、火花放電部の火花放電ギャップ6（図8(a)参照）の距離を所定距離とすることが出来ない。また、中心電極3のバリ3bは、このバリ3bが接地電極4（図8(a)参照）と繋がつて火花放電ギャップ6間での短絡を引き起こすため、バリ3b除去工程が必須となる。

【0015】これに対して、中心電極3の先端表面全体の軟化を抑制するために、中心電極3の自己発熱量および接触部分sの発熱量を抑えるよう、投入電流 $I$ を1500Aに低下させて、上述のように抵抗溶接を行ったところ、中心電極3の座屈は起こらず、中心電極3にバリ3bは生じていなかった。ところが、中心電極3と大径貴金属チップ5の溶接部Sの断面を、顕微鏡により2000倍に拡大してみたところ、溶接部Sに巣が入っていることが確認された。これにより、上記微小隙間がうめられていないことがわかった。投入電流 $I$ が2000Aの場合については、溶接部Sに巣は入っていなかった。

【0016】この巣の発生原因について本発明者が検討したところ、次の理由であると考えられる。大径の貴金属チップ5に関して、投入電流 $I$ を低下させるということは、接触部分sの断面積の単位面積当たりの発熱量が小さくなることを示している。この結果、接触部分sの断面積の単位面積当たりの発熱量が、上記微小隙間をうめる程度の発熱量以下となってしまう、中心電極3の軟化量が減少したため、溶接部Sに巣が発生したと考えられる。溶接部Sの巣は、貴金属チップ5と中心電極3の接合強度の低下を招き、貴金属チップ5が中心電極3から剥離するという恐れがある。

【0017】本発明は上記点に鑑みてなされたもので、電極を異常発熱させることなく、かつ溶接部に巣が入らないように、大径の貴金属チップを所定の軸方向位置に溶接することを目的とする。

【0018】

50

5

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明では、電極(3)の貴金属チップ(5)側の先端(3c)に、溶接前において電極(3)および貴金属チップ(5)よりも断面積の小さい部分(8)が備えられ、この部分(8)を軟化させて電極(3)と貴金属チップ(5)とを溶接することを特徴としている。

【0019】従って、貴金属チップ(5)と電極(3)を抵抗溶接にて溶接する際、貴金属チップ(5)と部分(8)の接触部分(s)の単位面積当たりの発熱量を、溶接前において接触部分(s)に存在する微小な隙間をうめる程度の発熱量とするに当たって、接触部分(s)の面積が電極(3)および貴金属チップ(5)よりも小さいため、接触部分(s)に発生させるべき全発熱量は小さくて済み、これにより、投入電流(I)も小さくて済む。よって、電極(3)が異常発熱する恐れはなくなる。

【0020】また、接触部分(s)で発生する熱は、貴金属チップ(5)より融点が低く、かつ、貴金属チップ(5)および電極(3)の先端(3c)より断面積の小さい(熱がこもりやすい)部分(8)に直接集中して伝えられ、この部分(8)が主に軟化するため、この軟化量は安定する。これに対して、電極(3)の先端(3c)には、上記発生する熱が直接伝えられず、しかも断面積が大きい(熱がこもりにくい)ので、電極(3)の先端(3c)の外周縁部は軟化しない。

【0021】そして、圧力(P)により部分(8)が貴金属チップ(5)と電極(3)の外周縁部の先端(3c)の間で押し広げられる。すると、電極(3)の先端(3c)が座屈せず、しかも、部分(8)の広がり高さが安定するため、貴金属チップ(5)を常に安定的に所定の軸方向位置に溶接することができる。また、上述のような発熱量に設定されているため、軟化した部分(8)が貴金属チップ(5)に密着しながら広がることにより上記微小隙間がなくなり、貴金属チップ(5)と部分(8)の溶接部(S)に巣は入らない。

【0022】請求項2に記載の発明では、貴金属チップ(5)の電極(3)側の表面に、溶接前において電極(3)と貴金属チップ(5)よりも断面積の小さい部分(8)が備えられ、この部分(8)および溶接前において部分(8)に対応する位置にある電極(3)を軟化させて電極(3)と貴金属チップ(5)とを溶接することを特徴としている。

【0023】従って、上記の抵抗溶接の際、電極(3)と部分(8)の接触部分(s)の熱は、断面積の小さい(熱がこもりやすい)部分(8)および接触部分(s)近傍の電極(3)に集中して伝えられるため、これら部分(8)および接触部分(s)近傍の電極(3)の軟化量は安定し、断面積の大きい電極(3)の先端(3c)の外周縁部は軟化しない。

【0024】そして、圧力(P)により貴金属チップ

6

(5)が電極(3)側へ押し付けられると、部分(8)が変形しながら、軟化した電極(3)の中へ埋没していく。すると、上記埋没した分だけ電極(3)が部分(8)の外周面にそって盛り上がり、この盛り上がり部(3d)が貴金属チップ(5)と軟化していない電極(3)の外周縁部の間で押し広げられる。すると、電極(3)の先端(3c)が座屈せず、盛り上がり部(3d)の盛り上がり高さが安定するので、請求項1に記載の発明と同様の効果が得られる。

【0025】また、請求項3に記載の発明では、電極(3)と貴金属チップ(5)との間に、溶接前において電極(3)および貴金属チップ(5)よりも断面積の小さい部分(8')が別体に備えられ、部分(8')と電極(3)を溶接した後、部分(8')を軟化させて電極(3)と貴金属チップ(5)とを溶接することを特徴としている。

【0026】従って、部分(8')が別体であるため、請求項4のごとく、電極(3)および貴金属チップ(5)とは異なる第3の材料により部分(8')を形成することが出来る。そして、請求項4に記載の発明では、部分(8)が、貴金属チップ(5)と電極(3)との中間の線膨張係数を有する材料からなることを特徴としている。

【0027】従って、スパークプラグの使用において、貴金属チップ(5)と電極(3)の間に生じる熱応力を緩和することができ、貴金属チップ(5)と電極(3)の接合性をさらに高めることが出来る。また、請求項5に記載の発明では、軟化した部分(8、3d、8')の溶接後の断面積( $S_1$ )が貴金属チップ(5)の断面積( $S_0$ )の半分より大きいことを特徴としている。

【0028】この範囲では、貴金属チップ(5)の消耗量が、貴金属チップ(5)の断面すべてにわたって溶接する場合( $S_1 = S_0$ )と同程度であることが後述の試作(図7の表参照)によりわかった。つまり、貴金属チップ(5)の断面すべてにわたって溶接しなくてもよい。ため、接触部分(s)を軟化させる量が少なくてすみ、抵抗溶接の際の投入電流(I)が小さくて済む。

【0029】そして、請求項1ないし6に記載の発明では、上記技術的手段の採用により、溶接部に巣が入らないように、大径の貴金属チップ(5)を常に安定的に電極(3)の所定の軸方向位置に溶接することができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。図1は、本発明の内燃機関用スパークプラグを示している。図1、2において、ハウジング1は円筒状で、耐熱性、耐食性および導電性のある金属で構成され、図示しないエンジンブロックに固定するためのネジ部1aを備えている。

【0031】このハウジング1の内部には、アルミナセ

7

ラミック等からなる絶縁体2が固定されており、この絶縁体2の軸孔2aに中心電極3が固定されている。この中心電極3は、耐熱性、耐食性および導電性のある金属材料、例えば耐熱ニッケル基合金等からなり、直径は2.7mm程度である。さらに、ハウジング1の一端には、接地電極4が溶接により固定されている。この接地電極4も、耐熱性、耐食性および導電性のある金属材料からなる。

【0032】そして、中心電極3の先端3cには、貴金属チップ5が溶接されている。この貴金属チップ5は、耐熱性、耐食性および導電性のある貴金属材料、例えばPt、Ir、Pt-Ir、Pt-Ir-Ni、Ir-Rh等のうちいずれか1つからなり、直径は2.6mm程度、厚さは0.4mm程度である。以下に、本発明の要部である貴金属チップ5と中心電極3の溶接方法およびその構造について、図3に基づいて説明する。

【0033】まず、図3(a)に示すように、中心電極3の先端3aに、円柱状の突出部(請求項でいう断面の小さい部分)8を切削加工により一体に成形する。この突出部8は、中心電極3の直径よりも小さい直径(具体的には1.5mm)で、高さは0.8mm程度である。そして、図3(b)に示すように、突出部8に円板状の貴金属チップ5を同心円上に配置し、溶接電極(図9(a)参照)により抵抗溶接を行い、突出部8と貴金属チップ5の接触部分sを溶接する。

【0034】この抵抗溶接は、圧力 $P=35\text{ kg/cm}^2$ 、投入電流 $I=1500\text{ A}$ で、交流電流を用いて10サイクル行う。ここで、接触部分sの断面の単位面積当たりの発熱量が、溶接前において接触部分sに存在する微小凹凸による微小隙間をうめる程度の発熱量となるよう、発明者の経験により投入電流Iの値が設定されている。以下に述べる実験および他の実施形態においても同様に設定している。

【0035】こうすることにより、図3(c)に示すように、中心電極3と貴金属チップ5を溶接することができる。ここで、溶接部Sの断面を顕微鏡にて2000倍に拡大してみたところ、巣は入っていないことが確認された。なお、突出部8の大きさおよび投入電流Iは、溶接部Sの断面が中心電極3の先端3cおよび貴金属チップ5の断面よりも小さくなるように設定されている。

【0036】なお、上述の実施形態では、抵抗溶接前の貴金属チップ5と突出部8の接触部分sは上記微小隙間があるため、抵抗溶接直後(具体的には、最初の数サイクル)の抵抗が非常に大きくなり、この接触部分sが最も発熱する。すると、接触部分sで発生する熱は、貴金属チップ5より融点が低く、かつ、貴金属チップ5および中心電極3の先端3cより断面の小さい(熱がこもりやすい)突出部8に直接集中して伝えられ、この突出部8が主に軟化するため、この軟化量は安定する。これ

8

に対して、中心電極3の先端3cには、上記発生する熱が直接伝えられず、しかも断面が大きい(熱がこもりにくい)ので、中心電極3の先端3cの外周縁部までは軟化しない。

【0037】そして、圧力Pにより、突出部8が貴金属チップ5と中心電極3の先端3cの外周縁部の間で押し広げられる。すると、中心電極3の先端3cは座屈せず、しかも、突出部8の広がり高さが安定するため、貴金属チップ5を常に安定的に中心電極3の所定の軸方向位置に溶接することができる。また、本実施形態では、上述のような発熱量に設定されているため、軟化した突出部8が貴金属チップ5に密着しながら広がることにより上記微小隙間はなくなり、突出部8と貴金属チップ5の溶接部Sに巣は入らない。これと同時に、接触部分sの異物も排除することができる。

【0038】また、本実施形態では、突出部8の断面を貴金属チップ5よりも小さくしているため、接触部分sの面積が中心電極3および貴金属チップ5よりも小さい。よって、接触部分sに発生させるべき全発熱量は小さくて済み、これにより、投入電流Iも小さくて済み。よって、中心電極3自身が異常発熱することは防止される。

【0039】また、本実施形態では、中心電極3よりも小断面の突出部8を軟化させて溶接しており、さらに、溶接部Sの断面が中心電極3の先端3cおよび貴金属チップ5の断面よりも小さくなるように設定されているため、軟化した突出部8が貴金属チップ5の外周にはみ出すことは防止され、バリの発生も抑制される。また、本実施形態では、切削加工により中心電極3と一体に突出部8を形成して、本発明でいう部分としているため、部分を別体に形成する工程が1つ少なく済み、しかもこの突出部8をを中心電極3に位置決め、固定する必要はない。よって、これらの工程にかかる作業やコストが必要なくなる。

【0040】以上の方法を用いれば、中心電極3に座屈やバリ等を発生させることなく、かつ溶接部Sに巣が入らないように大径の貴金属チップを電極に溶接することが出来、従来に比べて長寿命の内燃機関用スパークプラグを得ることが出来る。次に、本実施形態のスパークプラグの消耗性を評価した結果を図6、7に基づいて述べる。

【0041】図7は、断面 $S_0$  ( $\text{mm}^2$ )の貴金属チップ5(図6参照)について、抵抗溶接の投入電流I (A)および突出部8の直径dを変えることにより、溶接部Sの断面 $S_1$  ( $\text{mm}^2$ )を変えた場合の貴金属チップ5の消耗量(mm)を示す表である。この表において、図6に示すようにr (mm)は貴金属チップ5の直径、t (mm)は貴金属チップ5の厚さ、u (mm)は突出部8の厚さ、e (mm)は中心電極3の直径を示している。また、投入電流Iの値は、発明者の経験により

10

20

30

40

50

設定されている。

【0042】そして、中心電極3は、耐熱ニッケル基合金（インコネル社のインコネル600）からなり、貴金属チップ5は、Pt-20Irからなる。そして、図7に示す試作No. 1~8のものについて、それぞれ消耗性の評価を行い、その消耗量を図7の表に示した。消耗性の評価は、排気量2000cc、4気筒エンジンを全負荷（エンジン回転速度=4000rpm）で500時間運転した後の貴金属チップ5の消耗量を比較することにより行った。ここで、消耗量とは、運転前の貴金属チップ5の厚さと運転後の貴金属チップ5の厚さの差（mm）である。

【0043】なお、試作No. 1のものは、抵抗溶接後にバリが生じていたため、このバリを除去してから消耗性の評価を行った。また、試作No. 1~8のものは、消耗性の評価を行う前において中心電極3の座屈は起こっていなかった。また、 $S_0 < 1.77\text{mm}^2$ のものは、突起部8を設けずに直接中心電極3の先端3cに配置して、上記のように抵抗溶接することにより、溶接部Sに巣が入らないような溶接が得られることが経験的に分かっているため、 $S_0 \geq 1.77\text{mm}^2$ について評価を行った。

【0044】図7の表に示すように、溶接部Sの断面積 $S_1$ （ $\text{mm}^2$ ）が、貴金属チップ5の断面積 $S_0$ （ $\text{mm}^2$ ）の半分より大きければ、貴金属チップ5の断面すべてにわたって溶接する場合（ $S_1 = S_0$ ）と同程度の消耗量であることがわかった。よって、貴金属チップ5を中心電極3に溶接する際、貴金属チップ5の断面全てにわたって溶接する必要はないため、中心電極3にバリが生じることはさらに抑制され、かつ、投入電流Iを大きくする必要はなくなる。

【0045】また、溶接部Sの断面積 $S_1$ （ $\text{mm}^2$ ）を貴金属チップ5の断面積 $S_0$ （ $\text{mm}^2$ ）の半分より大きくすることにより、貴金属チップ5の消耗速度の遅い、より長寿命の内燃機関用スパークプラグを得ることが出来る。以下に、他の実施形態を図4および図5に基づいて述べる。上記実施形態では、突出部8を中心電極3に一体に成形しているが、図4（a）に示すように、中心電極3と貴金属チップ5との中間の線膨張係数を有する材料により別体の円柱状部材8'により溶接を行ってもよい。

【0046】具体的には、例えば、中心電極3としての耐熱ニッケル基合金（インコネル社のインコネル600）の線膨張係数は $13.3 \times 10^{-6}$ 、融点は $1450^\circ\text{C}$ で、貴金属チップ5としてのPt-20Irの線膨張係数は $8.4 \times 10^{-6}$ 、融点は $1850^\circ\text{C}$ で、円柱状部材8'としてのPt-20Niの線膨張係数は $9.4 \times 10^{-6}$ 、融点は $1550^\circ\text{C}$ である。

【0047】そして、中心電極3と円柱状部材8'を軽く抵抗溶接（圧力 $P = 30\text{kg/cm}^2$ 、投入電流 $I =$

500Aで、交流電流を用いて10サイクル）にて溶接し、続いて、上記実施形態中の条件で抵抗溶接を行うと、円柱状部材8'と貴金属チップ5の接触部分sが大きく発熱して、より低融点の円柱状部材8'を軟化させ、図4（b）のように、中心電極3と貴金属チップ5が溶接される。

【0048】こうすることにより、スパークプラグの使用繰り返しにより生じる熱応力、具体的には貴金属チップ5と中心電極3の間に生じる熱応力を緩和でき、貴金属チップ5と中心電極3の接合強度をさらに高めることが出来る。また、図4（c）に示すように、突出部8を貴金属チップ5に一体に成形してもよい。こうすることにより、突出部8と貴金属チップ5の接触部分sで発生する熱が、貴金属チップ5より断面積の小さい（熱がこもりやすい）突出部8に直接集中して伝えられ、この突出部8が軟化し、突出部8より融点の低い中心電極3の先端3cの中央部はそれ以上に軟化する。しかし、中心電極3の先端3cは断面積が大きい（熱がこもりにくい）ため、中心電極3の先端3cの外周縁部までは軟化しない。

【0049】そして、圧力Pにより貴金属チップ5が電極3側へ押し付けられると、突出部8が変形しながら、軟化した電極3の中へ埋没していき、この埋没した分だけ中心電極3が突出部8の外周面にそって盛り上がり、この盛り上がり部3dが貴金属チップ5と中心電極3の外周縁部の間で押し広げられる。このようにして、上記実施形態と同様に、貴金属チップ5が常に安定的に中心電極3の所定の軸方向位置に溶接される。つまり、図4（d）に示すように、貴金属チップ5の突出部8が中心電極3に埋まった状態で溶接される。

【0050】また、上記実施形態では、中心電極3の先端3aに一体成形する突出部8の形状を円柱状としているが、図5（a）、（b）に示すように、四角柱、円錐形状でもよい。こうすることにより、上記実施形態と同様の効果が得られる。また、図5（c）に示すように、貴金属チップ5の中央を円柱状に切削してドーナツ状の突出部8を設けてもよいし、図5（d）に示すように、中心電極3の先端3c中央を円錐状に切削して突出部8を設けてもよいし、図5（e）に示すように、中心電極3の先端3cを波状もしくは同心円上に切削して突出部8を設けてもよい。

【0051】こうすることにより、貴金属チップ5の径を大きくしても、接触部分sに発生させるべき発熱量は小さくて済むので、抵抗溶接において投入電流Iも小さくて済み、かつ中心電極3の先端3cおよび貴金属チップ5よりも断面積の小さい突出部8に接触部分sの発生する熱を直接集中して伝えることが出来るため、上記実施形態と同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の内燃機関用スパークプラグの半断面図

である。

【図2】図1の要部拡大図である。

【図3】(a)は本発明の実施形態の要部を示す斜視図で、(b)、(c)は溶接方法を示す工程断面図である。

【図4】(a)～(d)は本発明の他の実施形態を示す断面図である。

【図5】(a)～(e)は本発明の他の実施形態を示す図である。

【図6】本発明の内燃機関用スパークプラグの消耗性に 10  
使用した試作のサイズを示す図である。

【図7】本発明の内燃機関用スパークプラグの消耗性を  
評価した結果を示す表である。

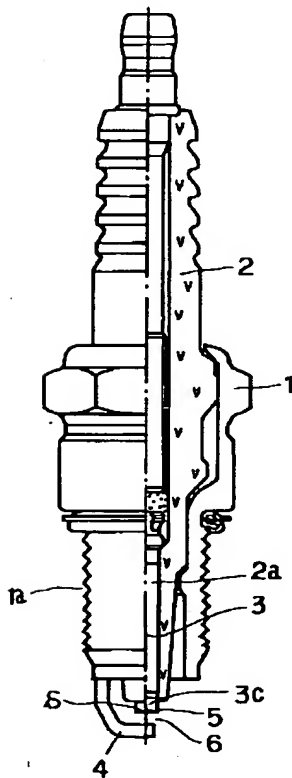
【図8】(a)は従来の内燃機関用スパークプラグの断  
面図で、(b)は(a)の要部拡大図である。

【図9】(a)は発明者の比較実験における抵抗溶接前  
の内燃機関用スパークプラグの要部断面図で、(b)は  
(a)の抵抗溶接後の図である。

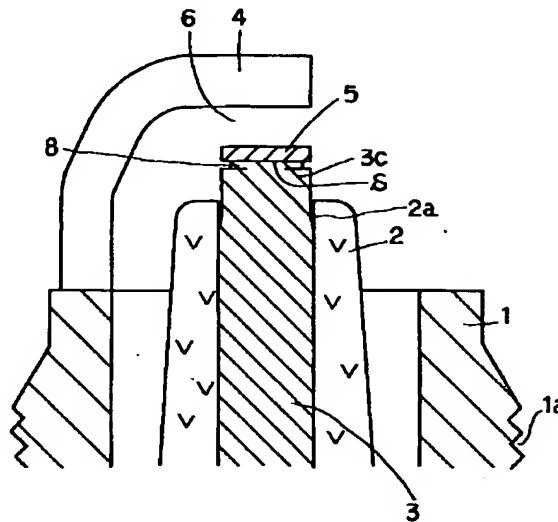
【符号の説明】

3…中心電極(電極)、3c…中心電極の先端、4…接  
地電極(電極)、5…貴金属チップ、8…突出部(断  
面積の小さい部分)。

【図1】

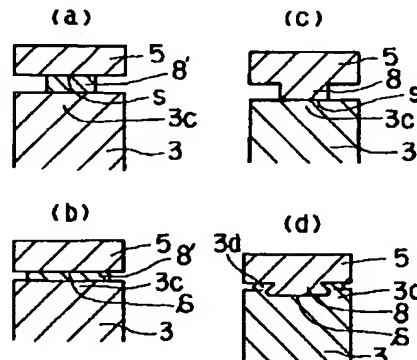


【図2】

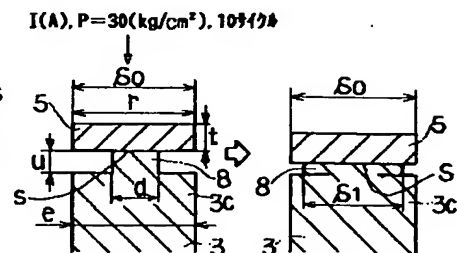


3:中心電極  
3c:中心電極の先端  
4:接地電極  
5:貴金属チップ  
8:突出部

【図4】

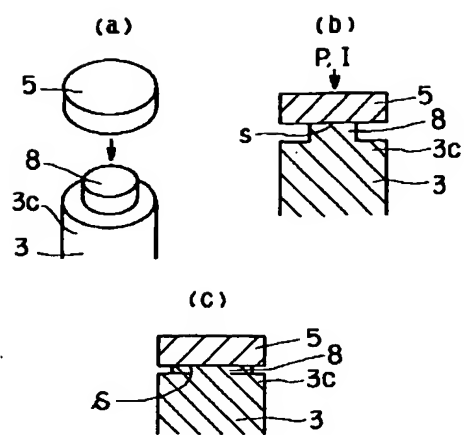


【図6】

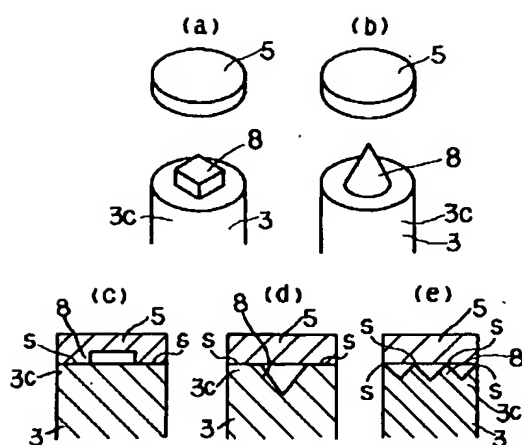




【図3】



【図5】

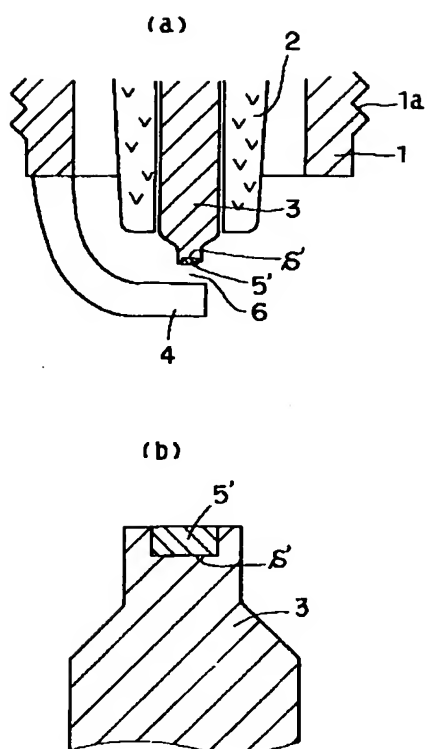


【図7】

No	$S_0$ [mm <sup>2</sup> ] ( $r$ [mm])	$S_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$t$ [mm]	$d$ [mm]	$u$ [mm]	$e$ [mm]	$I$ [A]	$P$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	時間	消耗量 [mm]
1	5.81 (2.6)	$S_0$	0.4	1.5	0.5	2.7	1950	30	交流波形で 1074カク	0.10
2	"	$\frac{1}{2}S_0$	"	"	"	"	1550	"	"	0.10
3	"	$\frac{1}{4}S_0$	"	0.9	"	"	850	"	"	0.14
4	3.80 (2.2)	$S_0$	"	1.5	"	"	1700	"	"	0.20
5	"	$\frac{1}{2}S_0$	"	0.9	"	"	1000	"	"	0.20
6	"	$\frac{1}{4}S_0$	"	"	"	"	600	"	"	0.23
7	2.01 (1.6)	$S_0$	"	"	"	"	1000	"	"	0.25
8	"	$\frac{1}{2}S_0$	"	"	"	"	600	"	"	0.25



【図8】



【図9】

